



Avaliação da atividade pozolânica das cinzas da casca do coco verde pelo método da condutividade elétrica

Mateus Ferreira de Oliveira^{1*}(PG), Gustavo de Albuquerque Soares²(IC), Vitória Kethelen Monteiro Rodrigues²(IC), Jéssica Raíssa Melo Guimarães¹(PQ), Marcus Valério Botelho do Nascimento¹(PG)

* oliveirafmateus@hotmail.com

¹Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais do Instituto Federal do Amazonas – IFAM/CMDI, Avenida Governador Danilo de Matos Areosa, Distrito Industrial, CEP: 69075-351, Manaus/AM.

²Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Superior de Tecnologia – EST, Avenida Darcy Vargas, 1200, Parque 10, CEP: 69050-020, Manaus/AM, Brasil.

Palavras Chave: Coco verde, pozolana.

Introdução

Devido ao crescente consumo de cimento e à poluição advinda deste processo, como a emissão de CO₂ em razão da queima de carbonatos e combustíveis fósseis, foi imposta a procura por adições minerais como forma alternativa de substituição parcial do cimento na produção de concreto, tornando o descarte de resíduos agrícolas potencialmente úteis para minimizar seus efeitos negativos sobre o meio ambiente (Boden *et al.*, 2017). Conforme a composição química, essas adições podem ser classificadas como pozolanas, materiais silicosos ou silicoaluminosos, os quais, isolados, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, entretanto, quando finamente divididos e na presença de água, reagem com hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes (NBR 12653, 2014). Dentre os compostos formados há o silicato de cálcio hidratado, responsável pela resistência da pasta de cimento, viabilizando financeira e economicamente a produção de compósitos a base de cimento a partir de resíduos agroindustriais. Por conta disso, este trabalho visa produzir cinzas a partir da biomassa da casca do coco verde (CCCV), caracterizar e classificá-las por meio do método da condutividade elétrica como pozolânicas ou inertes.

Material e Métodos

Os frutos do coqueiro foram coletados no comércio varejista de Manaus, secos e moídos até a obtenção de um pó de granulometria reduzida. Para a produção das CCCV utilizou-se forno mufla com taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹. A escolha das temperaturas e tempo de permanência de queima foram embasadas no trabalho de Joshua *et al.* (2018), sendo as temperaturas entre 600 °C, 700 °C, 800 °C e o tempo de queima de 3 h. Levou-se em consideração que a proporção da amostra para os volumes da câmara interna fosse de 0,036 durante todos os processos de queima (CORDEIRO *et al.*, 2009).

Seguido da produção das CCCV, realizou-se a maceração destas a fim de que se tornassem um pó fino. O ensaio de condutividade elétrica foi fundamentado no trabalho realizado por Luxán *et al.* (1989), os quais preconizam que é possível medir a atividade pozolânica com base na variação da condutividade elétrica (ΔC). Para a realização foram inseridos 98,7 mg de Ca(OH)₂ em 70 g de água destilada a uma temperatura de 40 °C \pm 1 °C e 1,75 g da CCCV a ser ensaiada. Realizaram-se leituras sucessivas com um condutivímetro a cada 20 segundos durante 20 minutos.

Conforme a classificação de Luxán *et al.* (1989), a qual propõe que o tempo mínimo necessário para verificar a atividade pozolânica seja de 2 minutos, sabe-se que o material a ser testado pode ser classificado, de acordo com a variação da condutividade elétrica (ΔC) como: (i) Não pozolânico ($\Delta C < 0,4$ mS/cm); (ii) Pozolanicidade moderada ($0,4$ mS/cm $< \Delta C < 1,2$ mS/cm); e (iii) Boa pozolanicidade ($\Delta C > 1,2$ mS/cm).

Resultados e Discussão

Sendo assim, conforme a Figura 1, foi constatado que a variação da condutividade elétrica das CCCV, até 2 min, foi negativa, sendo de -13,799 mS/cm; -13,245 mS/cm e -5,940 mS/cm para as CCCV de 600 °C, 700 °C e 800 °C, respectivamente. Valor negativo, de condutividade, também foi encontrado por Lima e Cordeiro (2021) ao analisar a cinza da folha do milho. Verificou-se ainda através da Figura 1 que as cinzas produzidas apresentaram aumento da condutividade durante a faixa de 0–100 s, tendo apresentado certa estabilidade ou ligeira redução.

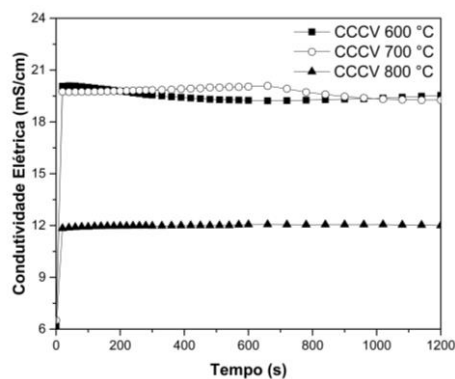


Figura 1. Valores de condutividade elétrica medidos para as CCCV aos 20 min

Portanto, para a correção dos valores da Figura 1, foi medida a condutividade elétrica das cinzas imersas somente em água deionizada. De posse destes valores, foi realizada a subtração das condutividades elétricas medidas na solução de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e em água deionizada, respectivamente, obtendo-se os valores retificados. Conforme Lima e Cordeiro (2021), esse aumento inicial nos valores de condutividade dar-se-á por conta da presença dos metais alcalinos presentes na amostra.

Na Figura 2 são mostradas as curvas de condutividade, das CCCV produzidas, as quais indicaram decréscimo acentuado na condutividade elétrica durante a primeira faixa de tempo do ensaio (0-20 s).

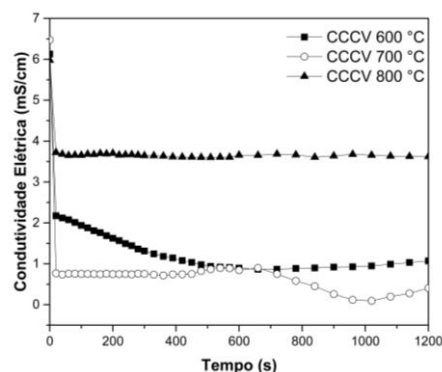


Figura 2. Valores de condutividade elétrica corrigidos medidos para as CCCV aos 20 min

De acordo com os resultados do ensaio de condutividade elétrica exibidos na Figura 2, tem-se que a CCCV 700 °C apresentou resultado de ΔC mais expressivo em comparação às outras cinzas, 5,723 mS/cm, além de decréscimo significativo de condutividade durante a primeira faixa de tempo do ensaio (0-20 s). Percebe-se que as CCCV 600 °C e 800 °C também apresentaram esse decréscimo durante os segundos iniciais, além de valores de ΔC de 4,250 e 2,297 mS/cm, respectivamente. Portanto, consoante à classificação de Luxán *et al.* (1989), todas as CCCV mostraram valores referentes ao intervalo de boa pozzolanidade. Valores similares de ΔC também foram encontrados por Cordeiro, Vieira e Lopes (2017) ao analisarem a cinza do bagaço da cana de açúcar ($\Delta C = 5,80$ mS/cm) e por Cordeiro *et al.* (2020) ao analisarem a cinza da folha do bambu ($\Delta C = 5,91$ mS/cm) e a cinza da casca do arroz ($\Delta C = 5,78$ mS/cm).

Em relação às curvas de condutividade elétrica corrigidas apresentadas, tem-se que os valores de ΔC diminuem com o tempo, dado que à medida que a cinza

tem atividade pozzolânica e reage com o hidróxido de cálcio, ocorre uma diminuição na concentração de íons.

Conclusões

A avaliação da atividade pozzolânica das amostras por meio da condutividade elétrica mostra-se como um método eficiente e rápido para a verificação da reatividade das cinzas. Para as três CCCV produzidas e analisadas, obtiveram-se resultados referentes ao índice de boa pozzolanidade ($\Delta C > 1,2$ mS/cm), dentre as quais a CCCV 700 °C mostrou-se como a mais reativa. Sendo assim, as três CCCV produzidas manifestam-se como potenciais substituintes parciais, em massa, de cimento. Ressalta-se que para o aprofundamento destes resultados, testes de composição química, mineralógica e tempos de moagem variados devem ser realizados.

Agradecimentos

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas pelo apoio financeiro em forma de bolsa, disponibilizada para os autores Mateus Ferreira de Oliveira e Marcus Valério Botelho do Nascimento.

¹BODEN, T. A.; ANDRES, R. J.; MARLAND, G. *Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions*. 2017. Disponível em: <http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth_reg.html>. Acesso em: 23 jan. 2020.

²ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 12653: Materiais pozzolânicos – Requisitos*. Rio de Janeiro: 2014.

³JOSHUA, O.; OLUSOLA, K. O.; BUSARI, A. A.; OMUH, I. O.; OGUNDE, A. O.; AMUSAN, L. M.; EZENDUKA, C. J. Data on the pozzolanic activity in coconut shell ash (CSA) for use in sustainable construction. *Data in Brief*, v. 18, p. 1142-1145, 2018.

⁴CORDEIRO, G. C.; FILHO, R. D. F.; FAIRBAIRN, E. M. R. Effect of calcination temperature on the pozzolanic activity of sugar cane bagasse ash. *Construction and Building Materials*, v. 23, p. 3301-3303, jul. 2009.

⁵LUXÁN, M. P.; MADRUGA, F.; SAAVEDRA, J. Rapid evaluation of pozzolanic activity of natural products by conductivity measurement. *Cement and Concrete Research*, v. 19, p. 63- 68, 1989.

⁶LIMA, C. P. F.; CORDEIRO, G. C. Evaluation of corn straw ash as supplementary cementitious material Effect of acid leaching on its pozzolanic activity. *Cement*, v. 4, article 100007, 2021.

⁷CORDEIRO, G. C.; VIEIRA, A. P.; LOPES, E. S. Study on the pozzolanic activity of sugar cane straw ash produced using different pretreatments. *Química Nova*, v. 40, n. 3, p. 264-269, 2017.

⁸CORDEIRO, G. C.; LEMOS, M. N.; XAVIER, K. V.; LIMA, C. P. F. Production of agroindustrial ashes with pozzolanic activity via acid leaching, conjugated burning and ultrafine grinding. *Ambiente Construído*, v. 20, n. 4, p. 189-203, out. / dez. 2020.